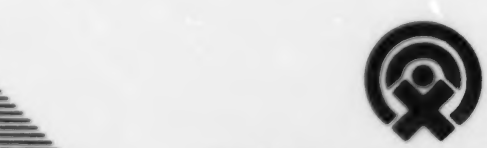
THE CASE FOR CONCERN ABOUT VERY LOW FREQUENCY FIELDS FROM VISUAL DISPLAY TERMINALS: THE NEED FOR FURTHER RESEARCH AND SHIELDING OF VDTs

Canadian Centre for Occupational Health and Safety

Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail



250 Main St. E/250 rue Main est
Hamilton Ontario Canada L8N 1H6

P83-2-E

THE CASE FOR CONCERN ABOUT VERY LOW FREQUENCY FIELDS FROM VISUAL DISPLAY TERMINALS: THE NEED FOR FURTHER RESEARCH AND SHIELDING OF VDTs

BY

KAREL MARHA
BARRY SPINNER
JIM PURDHAM

CANADIAN CENTRE FOR OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY

HAMILTON, ONTARIO
APRIL 22, 1983

P83-2E

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

THE CASE FOR CONCERN ABOUT VERY LOW FREQUENCY FIELDS FROM VISUAL DISPLAY TERMINALS: THE NEED FOR FURTHER RESEARCH AND SHIELDING OF VDTs

ISBN LISTING 0-660-11440-2

DSS CATALOGUE CC273-2/83-2E

CCOHS IDENTIFICATION NUMBER P83-2E

This publication is available in both official languages.

Cette publication est disponible dans les deux langues officielles.

While the Centre endeavours to ensure the accuracy and completeness of information provided, it is understood that the Centre makes no warranty as to the accuracy or completeness of such information and assumes no liability for any damages or loss suffered as a result of any inaccuracy or incompleteness therein.

Published 1983

Additional copies available upon request.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

Much concern has been expressed by users of the Canadian Centre for Occupational Health and Safety's Information and Advisory Service about the risks to operators of visual display terminals. Inquirers focus their attention particularly upon two items: the risks of adverse pregnancy outcome and the possibility of radiation emissions from visual display terminals, both ionizing and nonionizing. In large part, these concerns have arisen following the reports of so-called "clusters" of birth defects and spontaneous abortion amongst operators of visual display terminals. In some inquirers' minds the radiation issue and these clusters are linked; however, a number of explanations have been put forward for the occurrence of these phenomena which include radiation, stress, ergonomic factors, and chance. As a consequence of the concerns expressed by inquirers to CCOHS, the evidence concerning electromagnetic radiation emitted from visual display terminals was collected and evaluated.*

It has become apparent that the radiation conventionally considered most suspect, X rays produced in the cathode-ray tube, should not represent a significant source of risk, since published measurements show that the degree of exposure associated with operation of visual display terminals is negligible. Similar findings were obtained for portions of the nonionizing radiation spectrum particularly ultraviolet, visible, infra-red, and microwaves. The attempts to measure X rays and these other emissions from VDTs, the biological effects and subsequent risk assessments have been studied and published elsewhere. However, one portion of the electromagnetic spectrum, that known as the very low frequency spectrum occurring between 3 and 30 kilohertz, has not had the same attention. Consequently, this area was examined closely. It was found that while the evidence could not in any way be considered to constitute proof of harm, it did show that there was cause for concern. The evidence for this concern is the subject of this paper.

---

*On January 11, 1983 a CCOHS scientific group including the President issued a press release concerning this topic.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

2 / Concern for VLF Fields

That evidence is considered under four headings:

1. Evidence of pulsed very low frequency (VLF) electromagnetic fields from visual display terminals.

2. Evidence of biological effects of pulsed electromagnetic radiation.

3. Evidence of detrimental effects of pulsed electromagnetic radiation.

4. Evidence of the effectiveness of shielding.

A fifth section deals with prevailing standards for this type of radiation.

Evidence of Fields from VDTs

1. What are the characteristics of the very low frequency electromagnetic fields from VDTs?

These fields have both electric and magnetic components. They are highly directional, depending on the design and shielding characteristics of the equipment. The nature of the production and propagation of the fields causes them to be pulsed with a repetition frequency dependent upon technical factors (such as line frequency, 60 hertz). The pulse duration is of the order of 4 to 9 microseconds. The frequency range of concern is 15,000 to 30,000 hertz [appendix 1] which is in the VLF band, 3,000 to 30,000 Hz.

2. What evidence is there for their presence around VDTs?

The physical design of the electronics utilizing a horizontal oscillator "flyback" transformer results in fields being produced. These are measurable outside the equipment: the magnitude depends upon the effectiveness of the incidental shielding of the equipment. Measurements of these fields have been made by competent people in a number of national regulatory bodies using reliable equipment. Results of these measurements have been reported by the Bureau of Radiological Health in the United States(1) [appendix 2], the National Radiological Protection Board (NRPB) for the Health and Safety Executive in Great Britain(2) [appendix 3], and the Radiation Protection Bureau in Canada(3) [appendix 4]. In addition, there have

CCOHS/CCHST
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

been reports from Ontario Hydro's Research Division(4) [appendix 5] and a British firm consulting for the NRPB(5) [appendix 6]. There have also been reports of fields of varying magnitudes from several other sources; however, the measurement procedures used make these reports less reliable than those cited above(6).

3. What measurements have been reported for these fields?

The fields are found to be highly directional depending upon the design [e.g. appendix 7]; therefore, measurements of magnitude have to be reported with respect to position. From this fact, it is evident that the exposure of other people near the VDT can be higher than the exposure of the operator [appendix 8]. This means that measurements have to be made at 10 - 30 cm from all surfaces, not just in front of the screen. Unfortunately, the bulk of measurements have been reported only in front of the screen. The range of measurements may vary from zero (negligible) to in excess of 300 volts per metre for measurements made 10 - 30 cm from a surface.

Evidence of Biological Effects

Biological effects of pulsed electromagnetic radiation relative to continuous (CW) radiation have been extensively studied. However, specifically in the VLF band, we have not been able to find any published comparisons, due to the fact that the VLF band has been studied very little. At least thirteen different effects have been noted from pulsed microwaves(7). This information was summarized by Postow who arrived at the general conclusion that pulsed electromagnetic radiation qualitatively had more biological effectiveness than continuous radiation. That is, the pulsed electromagnetic radiation generally interacts more with biological matter than continuous radiation. Most of the research was radar-related. One must note that it is actually very difficult to distinguish whether it is the actual carrier frequency that is responsible for the effects, or the modulating frequency. The modulating frequencies used for radar occur in the extremely low frequency (ELF) band, that is, at frequencies less than 3,000 hertz. Again, there is evidence for biological effects at these frequencies: the Pafkova paper(8) [appendix 9] dealing with birth abnormalities in mice; a Swedish paper dealing with damage to blood cells(9), published work on audiogenic epilepsy(10) and a number of publications dealing with theoretical background for therapeutic medicine where pulsed extremely low frequency was used in the healing process(11).

CCOHS/CCHST
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

2 / Concern for VLF Fields

That evidence is considered under four headings:

1. Evidence of pulsed very low frequency (VLF) electromagnetic fields from visual display terminals.

2. Evidence of biological effects of pulsed electromagnetic radiation.

3. Evidence of detrimental effects of pulsed electromagnetic radiation.

4. Evidence of the effectiveness of shielding.

A fifth section deals with prevailing standards for this type of radiation.

Evidence of Fields from VDTs

1. What are the characteristics of the very low frequency electromagnetic fields from VDTs?

These fields have both electric and magnetic components. They are highly directional, depending on the design and shielding characteristics of the equipment. The nature of the production and propagation of the fields causes them to be pulsed with a repetition frequency dependent upon technical factors (such as line frequency, 60 hertz). The pulse duration is of the order of 4 to 9 microseconds. The frequency range of concern is 15,000 to 30,000 hertz [appendix 1] which is in the VLF band, 3,000 to 30,000 Hz.

2. What evidence is there for their presence around VDTs?

The physical design of the electronics utilizing a horizontal oscillator "flyback" transformer results in fields being produced. These are measurable outside the equipment: the magnitude depends upon the effectiveness of the incidental shielding of the equipment. Measurements of these fields have been made by competent people in a number of national regulatory bodies using reliable equipment. Results of these measurements have been reported by the Bureau of Radiological Health in the United States(1) [appendix 2], the National Radiological Protection Board (NRPB) for the Health and Safety Executive in Great Britain(2) [appendix 3], and the Radiation Protection Bureau in Canada(3) [appendix 4]. In addition, there have

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

been reports from Ontario Hydro's Research Division(4) [appendix 5] and a British firm consulting for the NRPB(5) [appendix 6]. There have also been reports of fields of varying magnitudes from several other sources; however, the measurement procedures used make these reports less reliable than those cited above(6).

3. What measurements have been reported for these fields?

The fields are found to be highly directional depending upon the design [e.g. appendix 7]; therefore, measurements of magnitude have to be reported with respect to position. From this fact, it is evident that the exposure of other people near the VDT can be higher than the exposure of the operator [appendix 8]. This means that measurements have to be made at 10 - 30 cm from all surfaces, not just in front of the screen. Unfortunately, the bulk of measurements have been reported only in front of the screen. The range of measurements may vary from zero (negligible) to in excess of 300 volts per metre for measurements made 10 - 30 cm from a surface.

Evidence of Biological Effects

Biological effects of pulsed electromagnetic radiation relative to continuous (CW) radiation have been extensively studied. However, specifically in the VLF band, we have not been able to find any published comparisons, due to the fact that the VLF band has been studied very little. At least thirteen different effects have been noted from pulsed microwaves(7). This information was summarized by Postow who arrived at the general conclusion that pulsed electromagnetic radiation qualitatively had more biological effectiveness than continuous radiation. That is, the pulsed electromagnetic radiation generally interacts more with biological matter than continuous radiation. Most of the research was radar-related. One must note that it is actually very difficult to distinguish whether it is the actual carrier frequency that is responsible for the effects, or the modulating frequency. The modulating frequencies used for radar occur in the extremely low frequency (ELF) band, that is, at frequencies less than 3,000 hertz. Again, there is evidence for biological effects at these frequencies: the Pafkova paper(8) [appendix 9] dealing with birth abnormalities in mice; a Swedish paper dealing with damage to blood cells(9), published work on audiogenic epilepsy(10) and a number of publications dealing with theoretical background for therapeutic medicine where pulsed extremely low frequency was used in the healing process(11).

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

In summary, the evidence shows that pulsed electromagnetic radiation has more biological effectiveness than continuous electromagnetic radiation. Effects have been noted at frequencies both higher and lower than the region of concern and at magnitudes both higher and lower than those observed around VDTs.

Evidence of Detrimental Effects

At this time, the significance of many of the possible detailed effects is unknown(12). However, some of the effects described in the experimental literature are clearly detrimental. Included amongst these are birth abnormalities in mice as described in the Pafkova paper(8) and detrimental effects upon blood cells(9,19).

A theoretical work was published demonstrating the possibility of highly irregular distribution of an alternating signal along the cell membrane(13). Further research is needed to examine the conditions under which this effect could result in the development of a potential gradient across the cell membrane high enough to damage the cell.

We should emphasize that there is no direct evidence of biological effects of fields from VDTs. Also, to our knowledge, there is no published work which shows the absence of any effects. Simply, there has been no systematic attempt to study the possible effects of such exposure. We are well aware of the most commonly reported effects--the ergonomic, the visual, the postural and the stress-related. There has been a report from Sweden of a systematic study which found a change in catecholamine and triglyceride levels in VDT operators(14). One cannot say that these changes are due to the EM field.

Because of the points developed above, that is, (a) the suggested evidence (cited above) for the possibility of biological effects, and (b) the gap in our knowledge about this particular frequency range, we are encouraging additional research on these questions.

Since that research will be some time in providing answers, the intermediate step of minimizing the field by shielding the source ought to be pursued.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

Evidence of Effectiveness of Shielding

A number of reports explicitly demonstrate the effectiveness of shielding whether it was incidentally installed or not.

For example see (4) [appendix 7] or (15) and (1), p 12 [appendix 10].

Existing Standards and Exposure Limit Values

The only standards actually applicable to the VLF band (3,000 to 30,000 Hertz) are the ACGIH TLV recommendation(16) and US Air Force Standards(17).

Other standards, applicable to bands above 10,000 hertz, are valid in the United States, Czechoslovakia and the USSR. In Ontario guidelines labelled "for discussion only" have been produced.

The maximum permissible exposure limits are summarized in (18); see also appendix 11.

In appendix 12 comparison is made of some of these standards to measured fields near VDTs(18).

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

REFERENCES

1. An evaluation of radiation emission from video display terminals. (HHS Publication FDA 81-8153). Rockville, Md.: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Food and Drug Administration, Bureau of Radiological Health, 1981

2. Cox, E.A. Radiation emissions from visual display units. In: Health Hazards of VDUs? 1. Papers presented at a one day conference on Thursday 11th December, 1980 at Loughborough University of Technology. Loughborough, U.K.: HUSAT Research Group, Department of Human Sciences, Loughborough University of Technology, 1980]. p. 25-38

3. Stuchly, M.A.; Lecuyer, D.W. Electromagnetic emissions from video display terminals. Presented at 5th Annual Scientific Session of the Bioelectromagnetics Society. Boulder, Colorado : June 12-17, 1983

4. Harvey, S.M. Characteristics of low frequency electrostatic and electromagnetic fields produced by video display terminals. (Ontario Hydro Research Division, Report No. 82-528-K). Toronto, Ont. : Ontario Hydro 1982

5. In: E.A. Cox (1980). Reference [2]

6. Weiss M.M.; Petersen R.C. Electromagnetic radiation emitted from video computer terminals. American Industrial Hygiene Association Journal. Vol. 40, no. 4 (1979). p. 300-309

7. Assenheim, H.M.; Hill, D.A.; Preston, E.; Cairnie, A.B. The biological effects of radio-frequency and microwave radiation. (NRCC No. 16448) Ottawa : National Research Council of Canada, 1979

8. Pafkova, H. Sledovani Embriotropniho Ucinku Elektrostatickenho Pulsniho Pole [in Czech] = Following the embryotropic effects of electrostatic fields. Pracovni Lekarstri. Vol. 32, no. 10 (1980). p. 334-338

9. Mild, K.H.; Lövdahl, L.; Lövstrand, K. G.; Lovtrup, S. Effect of high-voltage pulses on the viability of human leucocytes in vitro. Bioelectromagnetics. Vol. 3 (1982). p. 213-218

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

10. Stverak, I.; Marha, K.; Pafkova, H. Some effects of various pulsed fields on animals with audiogenic epilepsy. In: Biological effects and health of microwave radiation. Proceedings of an International Symposium. Warsaw: 15-18, October 1973. p. 141-144

11. Luben, R.A.; Cain, C.D.; Chen, M.C.; Rosen, D.M.; Adey, W. R. Effects of electromagnetic stimuli on bone and bone cells in vitro : inhibition of responses to parathyroid hormone by low-energy low-frequency fields. In: Proceedings of the National Academy of Sciences. Vol. 79 (1982). p. 4180-4184

12. NIOSH planning reproductive study of VDT workers. Microwave News. Vol. 2, no. 9 (1982). p. 1

13. Marha, K.; Musil, J. The cell as an electric circuit-I. Theoretical study and the cell as an electric circuit-II. Experimental section. Biofizika. Vol. 22, no. 5 (1977). p. 816-823

14. Johansson, G.; Aronsson, G. Stress reactions in computerized administrative work. Stockholm : Department of Psychology, University of Stockholm, 1980

15. Potential health hazards of video display terminals. Cincinnati, Ohio : NIOSH, 1981. p.29

16. TLVs threshold limit values for chemical substances and physical agents in the workroom environment with intended changes for 1982. Cincinnati, Ohio: American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 1982

17. Mitchell, J.C. Review of radiofrequency radiation exposure standards. Aeromedical Review. No. 3 (1981). p. 7-19

18. Marha, K. The state of knowledge concerning radiation emissions from video display terminals. (Presented at Science Focus, Ottawa, Ontario on October 6, 1982). Hamilton, Ont. : Canadian Centre for Occupational Health and Safety (CCOHS), 1982

19. Cleary, S.F.; Hoffman, R.; Liu, L. Investigation of the biological effects of pulsed electrical fields. Report 30. January 1977. NTIS AD-A091813/6

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

LIST OF APPENDICES

APPENDIX 1 Pulsed Modulated Waveform

APPENDIX 2 Nonionizing Radiation Data From Selected VDTs

APPENDIX 3 Summary of Radiation Measurements on VDUs

APPENDIX 4 Maximum Intensity of Electric Field and its Location in the VDT for Various Models

APPENDIX 5 Summary of Electric Fields Measured at a Grounded Conducted Surface 30 cm From the CRT Screen Units

APPENDIX 6 Summary of Radiation Measurements on VDUs, Electrical Research Association Technology Limited

APPENDIX 7 Field Strengths Around a VDT

APPENDIX 8 Locus of Constant Pulsed Field

APPENDIX 9 Following the Embryotropic Effect of Electrostatic Field, Pracovni Lekarstvi

APPENDIX 10 Effectiveness of Shielding

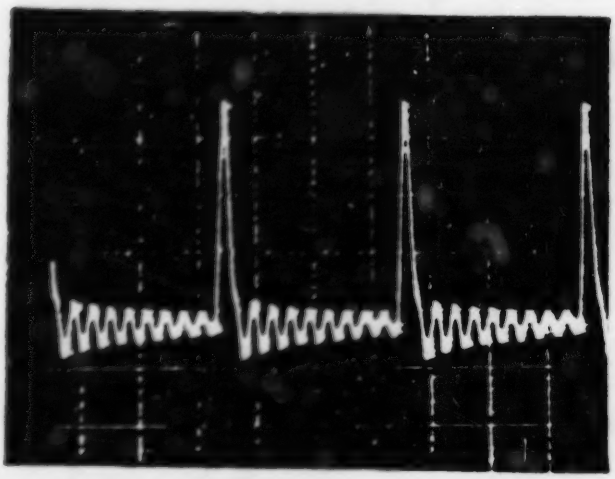
APPENDIX 11 Some Standards Covering the Very Low Frequency or the Low Frequency Range

APPENDIX 12 Measurements of EMR Compared to Various National Standards

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

APPENDIX 1

PULSED MODULATED WAVEFORM



Waveform of 15.9 kHz Pulsed Field
Horizontal Scale is 20 μs/div.
T = 62.9 μs; Pulse duration = 9 μs

Source: Harvey, SM; figure B6; see reference (4).

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

APPENDIX 2

NONIONIZING RADIATION DATA FROM SELECTED VDTs

VDD TEST REPORT - NONIONIZING RADIATION 09 JUL 80

MFR[1]	MODEL TESTED	TEST DATE	OPT RAD[2] BARE DETECTOR W X 10-6	OPT RAD[3] RADIUM FILTER W X 10-6	OPT RAD[4] UV-360 FILTER W X 10-6	SCR[5] RATE KHZ	ULTRASOUND[6] DB AT FREQ (D = 20 IN)	ULTRASOUND[7] DB AT FREQ (CAB SURF)	RF[8] MAGNETIC A/M (D = 2 IN)	RF[9] ELECTRIC V/M (D = 2 IN)	RF[10] ELECTRIC V/M (D = 12 IN)
ADSY	TV-5	800324	30	10	.036	15.75	39016 42031.5	91016 63031.5			120
AUVI	900949	800215	0.92	0.45	0	15.0	0 38031.5	0 54031.5			
AUVI	951-01	800331	0.93	0.43	0.00	15	35016 40031.5	89016 69031.5			200
AUVI	940-04(2)	800521	1.3	0.57	0.0	15.2	61016 44031.5	87016 60031.5		89	4
BOSC	HC37BB	800220	0.9	0.4	0.0	15.0	49016 33031.5	81016 50031.5			
BUNK	549272	790911	28.0	9.4	0	20	56020 44025	73020 49025			
CHUC	QDM-9M	800606	5.2	2.5	0.000	15.75	53016 46031.5	72016 56031.5		35	4.3
CHUC	QDM-12M	800606	5.8	3.0	0.000	15.75	45016 44031.5	76016 68031.5		55	6.0
CINE	VBS-3	800116					0 0	0 0			
COCO	5211/C19	800604	9.0	4.0	0.009	15.75	61016 54031.5	90016 73031.5		280	45
CODA	CC-115A	790920	5.6	2.6	0	35	51016 44031.5	77016 59031.5			
COMC	8277	791011	1.5	0.6	0	23	<30020 42025	61020 78025			
ELBT	DM20-09AD	790628	6.5	3.2	.008	17	48016 38031.5	76016 52031.5			
ELBT	DM20-12AD	790926	5.4	2.4	.002	16	0 0	0 0			
FOUR	7101	790719	1.7	.08	0	16	53016 0	73016 0			
FOUR	7111	800122	1.8	0.8	0	15	0 0	0 0			
FOUR	5115/7111	800610	2.4	1.0	0.0	15.75	50016 42031.5	66016 36031.5			100
HITA	CD-12	800320	5.6	2.8	0.001	15	41016 36031.5	54016 61031.5			
IBMC	3278-2	800409	0.55	0.25	0.00	15	28010 30031.5	32016 48031.5			
IKEG	PM-980	800201	5.8	2.9	0.003	15	43016 42031.5	69016 70031.5		180	11
LEXI	VT112	790821	.61	.28	0	22	0 0	0 0			
MICO	03810 2)	800606	3.0	1.4	0.004	15.75	56016 53031.5	85016 68031.5		80	6.5
MOHC	2491	800110	0.5	0.25	0	15	0 0	0 0			
NENI	PVM-95A	800603	2.9	1.4	0.000	15.75	58016 52031.5	79016 67031.5		120	4
ONTE	OP-1 /P	800428	9.5	4.6	0.0	19.2	46020 40040	62020 60040		140	10.0
ONTE	OP-1	800509	0.53	0.25	0.00	20	51020 45040	64020 63040	0.69	64	2.4
REDA	VS91-6022	790919	.96	.43	0	30	3506.3 43031.5	4106.3 72031.5			
TECP	2277 MARKII	800428	4.8	2.4	0.00	20	51020 53040	68020 69040			270
TECP	2277	800425	6.6	3.3	0.005	20	65020 68040	97020 79025	0.65	28	2.4
VYDE	1400	790807	9.6	4.5	0	2	<3098 42040	4398 59040			
WANG	12WP	791120	9.6	4.45	0	16	0 0	0 0			
WGEC	19V1001(1)	790702	5.0	2.5	0.004	16	0 0	0 0			
ZERC	D12PP-1	791029	7.6	3.8	0.015	18	0 0	0 0			
ZERC	D12-MP-1	800603	10.0	5.0	0.000	15.75	43016 47031.5	68016 79031.5		>300	31

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

1. Refer to Appendix A [see reference (1)] which lists the full manufacturer name for each code.

2. Optical radiation measured with bare (unfiltered) detector. This value is given in microwatts.

3. Optical radiation measurement with radiometric filter in place. This value is given in microwatts.

4. Optical radiation measured with ultraviolet filter in place. This value is given in microwatts.

5. Horizontal (scanning) frequency in kilohertz.

6. Measured amplitude of sound in decibels at a distance of 20 inches from the VDT surface. The top numbers refer to the maximum measured amplitude in the frequency ranges centered on 20 kilohertz or lower and the frequency at which this amplitude was observed. The lower numbers indicate the maximum measured amplitude in the frequency ranges centered on 25 kilohertz or higher.

7. Measured amplitude of sound in decibels at the surface of the VDT.

8. Magnetic (H) field of radiofrequency radiation measured in amperes/meter at a distance of 2 inches from the VDT surface.

9. Electric (E) field of radiofrequency radiation measured in volts/meter at a distance of 2 inches from the VDT surface.

10. Electric (E) field of radiofrequency radiation measured in volts/meter at a distance of 12 inches from the VDT surface.

Source: An evaluation of radiation emission from video display terminals; appendix D, p. 34-35; see reference (1).

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

APPENDIX 3

SUMMARY OF RADIATION MEASUREMENTS ON VISUAL DISPLAY UNITS

Electromagnetic Spectrum Region	Maximum Measured Emission	Measuring Instrument	MPEs, MELs TLVs etc	Standard	Remarks
X rays $\lambda<100$ pm	Dose equivalent rate <0 μrem hr^{-1}	Victoreen 440 RF/C	0.5 mrem hr^{-1}	BS 415 : 1979	Photon energy >10 keV
Ultraviolet 260-336 nm	Irradiance 0	NRPB Scanning Spectral Radiometer (SSR)	---		Endorsed by NRC (private communication)
336-440 nm	124 Wm^{-2}		10 Wm^{-2}	ACGIH	
Visible 400-700 nm	Irradiance 2.5 Wm^{-2} Calc. radiance 0.8 Wm^{-2} sr^{-1}	EG & G Type 550 radiometer or UDT 40X optometer (with filters)	$21C_3$ $Wm^{-2}sr^{-1}$	Draft IEC/TC76 Draft BS 4803	MPEs for viewing laser by diffuse reflection C_3=1 for λ=400-500 nm log C_3=0.015 (λ-550) for λ=550-700 nm
Infrared (near) 700-1050 nm	Irradiance 50 Wm^{-2}		100 Wm^{-2}	ACGIH	Intended TLV
Infrared (far) 10 μm-3 mm	4 Wm^{-2}	Plessey pyroelectric detector	---		Measured irradiance equivalent to thermal radiation from body at 32°C. No measurable non-thermal radiation.
Microwave and radiofrequency 18 GHz-300 MHz	5 Wm^{-2}	Narda 8300	100 Wm^{-2}	ACGIH	See Table 2 for detailed measurements in region.
3 GHz- 10 MHz	<1000 Wm^{-2}	Raham 12	10 Wm^{-2}	79-XRD-30	Spurious measurement. Not confirmed by EMA scan (Table 2)
220 MHz- 10 kHz	Electric field intensity >300 Vm^{-1}	IFI EFSI	60 Vm^{-1} 1500 Vm^{-1} 3000 Vm^{-1}	79-XRD-30 Draft foreign Draft foreign	220 MHz-10 MHz 30 MHz- 3 MHz 3 MHz-10 kHz

Source: Cox, EA; Table 1: see reference (2).

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

APPENDIX 4

THE MAXIMUM INTENSITY OF THE ELECTRIC FIELD AND ITS LOCATION IN THE VDT FOR VARIOUS MODELS

Field Intensity	No. of Models	Location of Various Field Intensities Number of Models			
		Screen	Top	Sides	Back
Below 5 V/m	10	5*	0	0	0
5-60 V/m	22	19	1	2	0
60-200 V/m	10	7	0	2	1
Above 200 V/m	15	3	5	5	2

*For five models the field intensity was below the instrument sensitivity.

Source: Stuchly, MA; Table 2; see reference (3).

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

APPENDIX 5

SUMMARY OF ELECTRIC FIELDS MEASURED AT A GROUNDED CONDUCTED SURFACE 30 cm FROM THE CRT SCREEN UNITS VOLTS PER METRE (V/m)

	VDT Unit			
	1	2	3	4
dc Fields, About One Half Hour After Turn-on	6000	7000	7000	6000
Maximum Modulation Amplitude, rms (Normal Brightness)	60	65	25	30
16 kHz Pulse Peak Amplitude	55	170	23	19
Approximate rms Amplitude	10	30	5	3
Other Fields, rms Amplitudes	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1

Note: Table 1 in the paper by Harvey used V/cm, where we have expressed the measurements in V/m.

Source: Harvey, SM; Table 1; see reference (4).

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

APPENDIX 6

SUMMARY OF RADIATION MEASUREMENTS ON VISUAL DISPLAY UNITS BY ERA (MICROWAVE AND RADIOFREQUENCY)

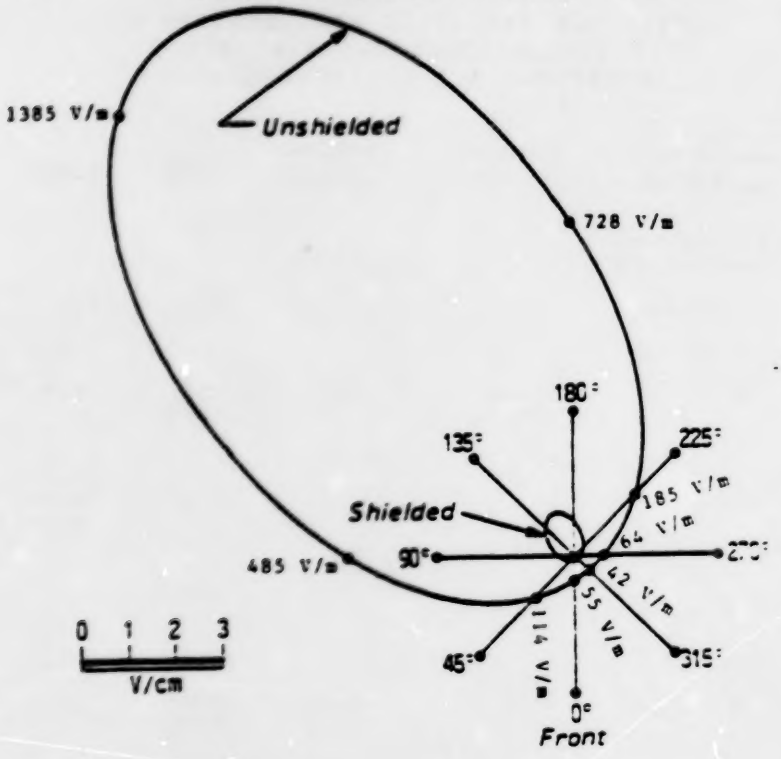
Electromagnetic Spectrum Region	Maximum Measured Emission	Measuring Instrument	MPEs, MELs TLVs etc	Standard	Remarks
Microwave and Radiofrequency	Electric Field Intensity (V m^{-1})		(V m^{-1})		
300 GHz- 30 GHz	Not measured		200	ACGIH	Endorsed by MRC 70/1314 (200 V m^{-1} = 100 W m^{-2} in free space)
30 GHz- 1 GHz	Not measured				
1 GHz-300 MHz	<0.01	Schwartzbeck VUME 1520A	200	Draft Foreign	To be published for comment
300 MHz- 30 MHz	0.18				
30 MHz- 10 MHz	0.12		60	79-END-30	Canadian standard for general public
		Schwartzbeck FSME 1515			
10 MHz- 3 MHz	0.5		1500	Draft Foreign	
3 MHz-300 kHz	16				
300 kHz-150 kHz	600				
150 kHz- 10 kHz	1800	Stoddart NM12AT	3000	Draft Foreign	

Source: Cox, EA; Table 2; see reference (2).

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

APPENDIX 7

FIELD STRENGTHS AROUND A VDT



Polar Diagram of Pulsed Peak Field Strengths
in Horizontal Plane

Source: Harvey, SM; Figure B7, see reference (4).

Notes by Karel Marha in reference to Figure B7 from the Appendix of the Ontario Hydro Research Division, "Characteristics of low-frequency electrostatic and electromagnetic fields produced by video display terminals," No. 82-528-K.

1. Electric field strengths in the RF band is normally expressed in units of V/m rather than V/cm.

2. 1V/cm = 100 V/m.

3. 7mm = 1V/cm (100 V/m) according to the given scale on this figure.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

4. The given points on the ellipse correspond to measured field strengths in a constant distance from the vertical axis of the measured unit. The point at 0° direction is 30 cm from the screen. This means approximately 45-50 cm from the vertical axis of the unit. (My guess)

5. The position of every point on the ellipse states:

   a. Where it was measured - in the graph the VDT is placed in the centre of the directional cross, e.g. 0° (front), meaning the operator's position, 90° means left of the unit, 180° behind the terminal and so on.

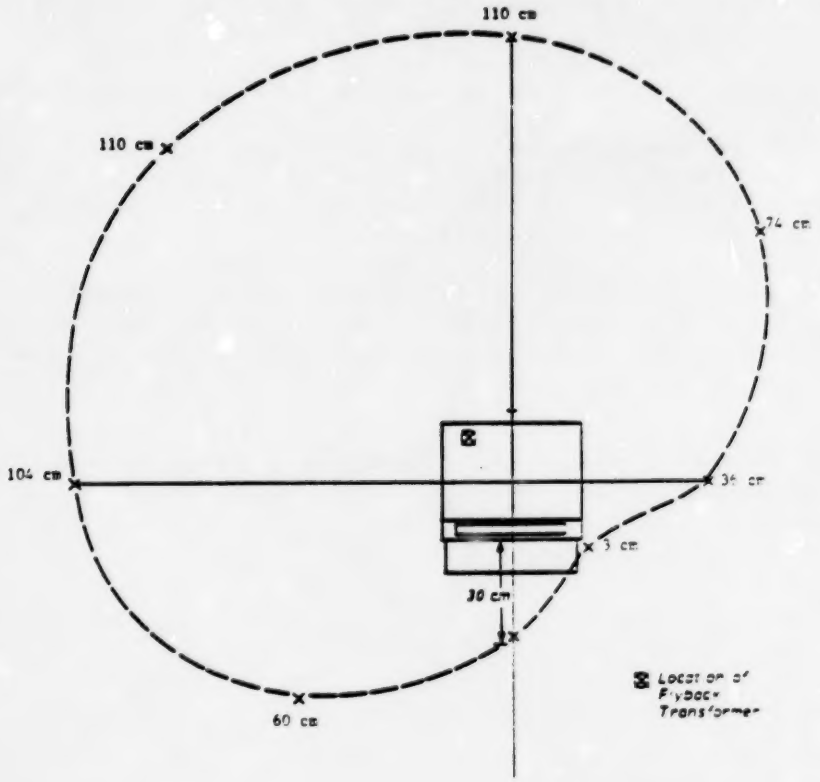
   b. The field strength - from the distance between the point and the center of the cross, n, (in millimetres) we can estimate the field strength E in volts per metre from the equation. $E = \frac{100n}{7}$ [V/m; mm]

6. I added to every point the found field strength, estimated as mentioned above.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

APPENDIX 8

LOCUS OF CONSTANT PULSED FIELD



Locus of Constant Pulsed Field
(0.55 V/cm Peak to Peak)

Source: Harvey, SM; Figure B8; see reference (4).

Calculations and additions by Karel Marha: The distance from the nearest surface of the measured VDT was calculated from the equation:

$$\ell = \frac{30n}{25}$$

where n is the shortest distance (in mm) between the given point X on the dashed line and the VDT surface.

The distance, estimated as mentioned above, are noted at every point on Figure.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

APPENDIX 9

FOLLOWING THE EMBRYOTROPIC EFFECT OF ELECTROSTATIC FIELD

The embryotropic effect of electrostatic pulse field (amplitude 1000 V, gradient of the field 285 V/cm, pulse band 10 μs, repeating frequency 300 Hz) chronically applied from day 1 to day17 of pregnancy was followed from the point of view of higher biological efficiency of pulse fields in laboratory mice. The course of pregnancy, number of dead fetuses, conditions of the placentae and fetal membranes, conditions, size and weight of themature fetuses and conditions of their internal organs were evaluated. Significant changes found in the exposed group indicate an unfavourable effect of electrostatic pulse field on embryonic development, particularly in the early stages of life.

Source: Pafkova, H; pp 334-338; see reference (8).

Comments by Karel Marha: The averaged field was 85 V/m. Twenty-three females were used in the experimental group: 21 in control groups.

The fertility before the experiment was the same in both groups. The results, in the experimental group against control group:

Preimplantation resorption:	240% higher (P-0.01)
Postimplantation resorption:	160% higher (P=0.05)
Late resorption:	470% higher (P=0.01)
Dead fetus:	525% higher (P=0.01)

The total number of living offspring in control group was 272, and in experimental, 230. Of offspring born live there were: a statistically insignificant higher number of haematomas on the body surface, and one case with deformation of extremities (statistically insignificant).

However, there was a higher number of dwarfish offspring (about 310%, P=0.05) and about 310% higher number with unclosed eyelids.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

APPENDIX 10

EFFECTIVENESS OF SHIELDING

Location	Distance cm	E-field ADA 10/A V/m	E-field EFS-1 V/m	H-field A/m
CRT Face Center (Radial)	5	28	64	0.69
	30	0.3	2.4	0.008
Above High Voltage Transformer* (Shield removed)	5	88	>1000**	0.06
	19		300	0.06
Above High Voltage Transformer (Shield in place)	5	0	0	0.06

Field Strength Magnitude
Ontel Model OP-1/32k/50 S/N 14689

* This was done to determine the shielding effectiveness of the metallic-coated cover of this unit and to simulate concentrated area conditions. It also provided verification that the E-field sensors did not respond to magnetic fields in this location.

** See para. 4.3.2. in Refernce (1).

Source: An evaluation of radiation emissions from VDTs, BRH Table 2, p 12; see reference (1).

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

APPENDIX 11

SOME STANDARDS COVERING THE VERY LOW FREQUENCY OR THE LOW FREQUENCY RANGE

US Air Force	10kHz	-	10MHz	435V/m
ACGIH	10kHz	-	3MHz	600V/m**
Czechoslovakia	30kHz	-	30MHz	50V/m*
USSR	60kHz	-	3MHz	50V/m*
Bulgaria	60kHz	-	3MHz	50V/m*
German Democratic Republic	60kHz	-	3MHz	50V/m*
Canada (Ontario)	300kHz	-	300GHz	60V/m***
ANSI	300kHz	-	3MHz	600V/m**

* Standards in the workplace. The values for the general public are often even more stringent (e.g. in Czechoslovakia, for 8 hours it is 15V/m).

** At a distance of 5 cm from any point on the device's surface.

*** "For discussion only" guideline.

ANSI American Standards Institute (approved as an American National Standard on July 30, 1982).

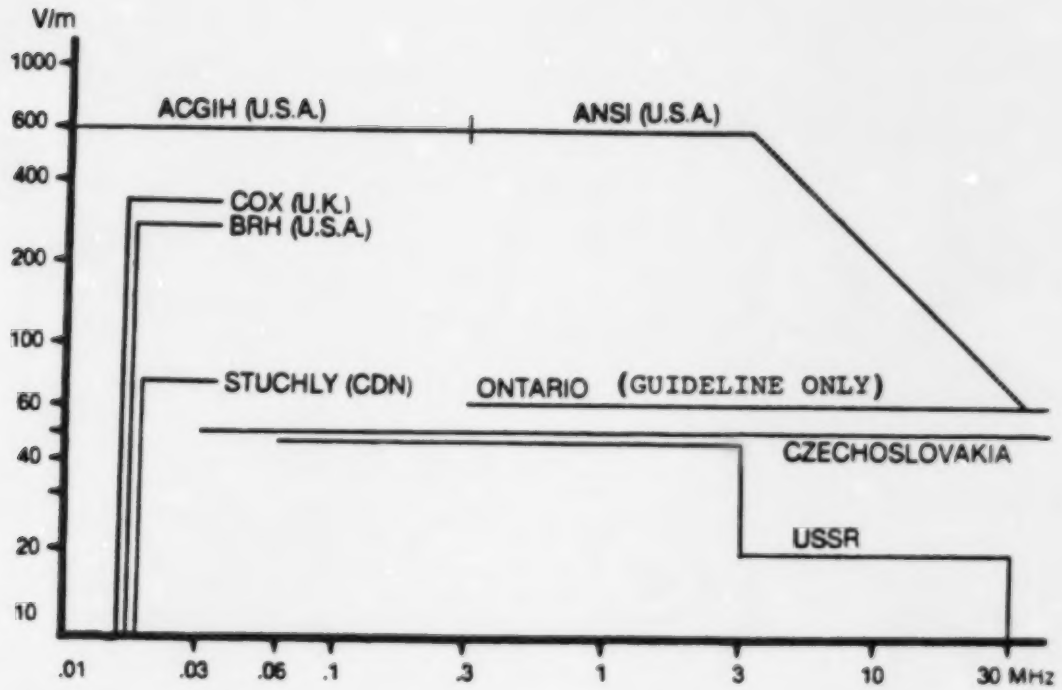
ACGIH American Conference of Governmental Industrial Hygienists.

Source: Marha, K; Table 1, p 7; see reference (18).

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

APPENDIX 12

MEASUREMENTS OF EMR
COMPARED TO VARIOUS NATIONAL STANDARDS



Source: Marha, K, see reference (18).

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

LES DANGERS D'EXPOSITION AUX CHAMPS DE TRES BASSES FREQUENCES DES TERMINAUX A ECRAN DE VISUALISATION: FACTEURS JUSTIFIANT D'AUTRES RECHERCHES ET L'UTILISATION DU BLINDAGE

Canadian Centre for Occupational Health and Safety

Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail

250 Main St. E/ 250 rue Main est
Hamilton Ontario Canada L8N 1H6

P83-2F

LES DANGERS D'EXPOSITION AUX CHAMPS DE TRES BASSES FREQUENCES DES TERMINAUX A ECRAN DE VISUALISATION: FACTEURS JUSTIFIANT D'AUTRES RECHERCHES ET L'UTILISATION DU BLINDAGE

PAR

KAREL MARHA
BARRY SPINNER
JIM PURDHAM

CENTRE CANADIEN D'HYGIENE ET DE SECURITE AU TRAVAIL

HAMILTON, ONTARIO
LE 22 AVRIL, 1983

P83-2F

LES DANGERS D'EXPOSITION AUX CHAMPS DE TRES BASSES FREQUENCES DES TERMINAUX A ECRAN DE VISUALISATION: FACTEURS JUSTIFIANT D'AUTRES RECHERCHES ET L'UTILISATION DU BLINDAGE

NUMERO ISBN 0-660-91224-4

NUMERO DE CATALOGUE DSS CC273-2/83-2F

NOTRE NUMERO D'IDENTIFICATION P83-2F

This publication is available
in both official languages.

Cette publication est disponible
dans les deux langues officielles.

Date de publication: 1983

Exemplaires supplémentaires disponibles sur demande.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

Le service d'information et de consultation du Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail a reçu de nombreuses demandes d'information relatives aux dangers auxquels s'exposent les opérateurs de terminaux à écran de visualisation. Les demandes portaient principalement sur deux points: les risques en cas de grossesse et la possibilité d'émission de rayonnements ionisants et non ionisants par ces terminaux. Ces inquiétudes sont nées surtout par suite de reportages sur des cas regroupés de malformations congénitales et d'avortements non provoqué parmi les opératrices de terminaux à écran de visualisation. Pour certaines personnes, la question du rayonnement et le regroupement de ces grossesses malheureuses sont reliés: toutefois, un certain nombre d'explications ont été proposées en rapport avec ces phénomènes, y compris les rayonnements, le stress, les facteurs ergonomiques et le hasard. En raison des inquiétudes exprimées par les utilisateurs de service d'information du CCHST, les données relatives au rayonnement électromagnétique émis par les terminaux à écran de visualisation ont été recueillies et évaluées*.

Il ressort de cette étude que le rayonnement considéré habituellement comme le plus dangereux, c'est-à-dire les rayons X produits par le tube à rayons cathodiques, ne représentent pas un danger important puisque les données publiées montrent que le degré d'exposition associé à l'exploitation de ces terminaux est négligeable. Des résultats semblables ont été obtenus pour d'autres régions du spectre des rayonnements non ionisants, particulièrement l'ultraviolet, le visible, l'infrarouge et les micro-ondes. Les travaux visant à mesurer les rayons X et les autres émissions des terminaux ainsi qu'à déterminer les effets biologiques et à évaluer les risques qui en découlent ont été réalisés et rapportés par d'autres auteurs. Toutefois, une région du spectre électromagnétique, c'est-à-dire les fréquences situées entre 33 et 30 kilohertz, les très basses fréquences, n'a pas fait l'objet d'études aussi nombreuses. Par conséquent, nous avons particulièrement porté notre attention sur cette région du spectre. Nos résultats démontrent que bien que les données existantes ne puissent en aucun cas prouver qu'il existe un danger, il y a matière à inquiétude, ce que le présent rapport vise à expliquer.

---

* Le 11 janvier 1983, un groupe d'étude scientifique dont faisait partie le président du Centre a publié un communiqué de presse à ce sujet.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

Les faits étudiés sont rassemblés en quatre domaines.

1. Champs électromagnétiques pulsés très basses fréquences émis par les terminaux à écran de visualisation.

2. Effets biologiques du rayonnement électromagnétique pulsé.

3. Effets nocifs du rayonnement électromagnétique pulsé.

4. Efficacité du blindage.

Une cinquième section traite des principales normes sur ce type de rayonnement.

Champs émis par les terminaux

1. Quelles sont les caractéristiques des champs électromagnétiques très basses fréquences (VLF) émis par les terminaux?

Ces champs comportent une composante électrique et une composante magnétique. Ils sont très directionnels et dépendent des caractéristiques de conception et de blindage du matériel. Ils sont pulsés à une fréquence de répétition qui dépend des mécanismes de production et de propagation ainsi que de facteurs techniques (comme la fréquence du secteur de 60 hertz). La durée d'impulsion est de l'ordre de 4 à 9 microsecondes. La plage de fréquences pertinente s'étend de 15,000 à 30,000 hertz (Annexe 1) et se situe dans la bande VLF (3,000 à 30,000 Hz).

2. Y a-t-il des données qui confirment leur présence autour des terminaux?

Puisque ces circuits électroniques utilisent un oscillateur horizontal comme transformateur de trace de retour, il y a production de champs électromagnétiques. Ces champs peuvent être mesurés à l'extérieur du matériel et leur intensité dépend de l'efficacité du blindage incorporé au matériel. Ces champs ont été mesurés par du personnel d'une compétence reconnue dans un certain nombre d'organismes de réglementation nationaux, avec du matériel fiable. Les résultats de ces mesures ont été publiés par le Bureau of Radiological Health des

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

Etats-Unis[1] (Annexe 2)*, le National Radiological Protection Board du Health and Safety Executive de la Grande-Bretagne[2] (Annexe 3), ainsi que le Bureau de la radioprotection du Canada[3] (Annexe 4). De plus, la Research Division de l'Ontario Hydro[4] (Annexe 5) et une société britannique agissant comme consultant pour le NRPB[2] (Annexe 6) ont publié des rapports à ce sujet. D'autres études ont signalé de plus la présence de champs d'intensités diverses; toutefois, les méthodes de mesure utilisées rendent ces études moins fiables que les précédentes[6].

3. Quelles valeurs d'intensité de champ ont été mesurées?

Les résultats ont montré que la très grande directionnalité des champs dépend de la conception des appareils (voir par exemple l'annexe 7); les mesures d'intensité de champ doivent donc s'effectuer en fonction de la position. On peut conclure que l'exposition de personnes proches d'un terminal peut être supérieure à celle de l'opérateur lui-même (Annexe 8). Cela signifie que les mesures doivent s'effectuer à 10-30 cm de toutes les surfaces de l'appareil, et non seulement devant l'écran. Malheureusement, la majorité des mesures rapportées ont été effectuées devant l'écran. Les mesures peuvent varier de 0 (valeur négligeable) à plus de 300 volts par mètre à 10-30 cm d'une surface de l'appareil.

Effets biologiques

Les effets biologiques des rayonnements électromagnétiques pulsés provenant d'un rayonnement continu (CW) ont été étudiés en profondeur. Toutefois, nous n'avons pu découvrir aucune trace de publication d'une étude comparative dans le cas particulier de la bande VLF, puisque cette bande a été très peu étudiée. Au moins treize effets différents provoqués par les micro-ondes pulsées ont été découverts[7]. Postow, après avoir résumé cette information, est arrivé à la conclusion qualitative générale que les effets du rayonnement électromagnétique pulsé sont plus importants que ceux des rayonnements continus. Cela signifie qu'en général, le rayonnement électromagnétique pulsé agit plus fortement sur la matière biologique qu'un rayonnement continu. La plus grande partie des recherches sur le sujet avait trait aux fréquences radar et il est à noter qu'il est très

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

difficile de déterminer si le signal responsable des effets biologiques est la fréquence porteuse ou la fréquence de modulation. Les fréquences de modulation radar se situent dans la bande des fréquences extrêmement basses (ELF), c'es-à-dire les fréquences inférieures à 3,000 hertz. Les études révèlent ici aussi l'existence d'effets biologiques à ces fréquences: signalons l'article de Pafkova (Annexe 9) sur les malformations congénitales des souris, un article suédois relatif aux dommages causés aux globules sanguins, les travaux publiés sur l'épilepsie acousticogène[10], ainsi qu'un certain nombre de publications relatives aux principes théoriques de la médecine thérapeutique ayant recours aux fréquences extrêmement basses pour stimuler le processus de guérison[11].

En résumé, les faits démontrent que les effets biologiques du rayonnement électromagnétique pulsé sont plus importants que ceux du rayonnement électromagnétique continu. On a constaté que ces effets peuvent tout autant se produire à des fréquences supérieures ou inférieures à la région du spectre en cause, ou à des intensités supérieures ou inférieures à celles mesurées à proximité des terminaux.

Effets nocifs

A l'heure actuelle, la portée de plusieurs des effets possibles relevés reste inconnue[12]. Toutefois, certains des effets décrits dans les articles scientifiques sont très clairement nocifs. Parmi ceux-ci on compte les malformations congénitales des souris, décrites dans l'article de Pafkova[8], ainsi que les effets nocifs sur les globules blancs[9].

Un article théorique a été publié qui démontre la possibilité d'une très forte irrégularité de distribution d'un signal alternatif le long de la membrane d'une cellule[17]. D'autres recherches sont nécessaires pour étudier les conditions dans lesquelles cet effet pourrait produire un gradient de potentiel suffisamment élevé sur la membrane de la cellule pour endommager celle-ci.

Il nous faut bien souligner qu'il n'existe aucune preuve directe d'effets biologiques des champs émis par les terminaux. De plus, il n'existe à notre connaissance aucun article publié qui démontre l'absence de tels effets. Il n'y a tout simplement eu aucune étude systématique visant à étudier les effets possibles de

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

l'exposition à ces champs. Nous connaissons très bien les effets rapportés le plus souvent, c'est-à-dire les effets ergonomiques, visuels, posturaux, ainsi que ceux reliés au stress. Un rapport publié en Suède décrit une étude systématique qui a mis en évidence une variation des niveaux de catécholamine et de triglycéride chez les opérateurs de terminaux[13]. Il est impossible de conclure que ces changements sont provoqués par le champ électromagnétique.

Les faits exposés ci-dessus, c'est-à-dire les données suggérant la possibilité d'effets biologiques et le manque de connaissance dans cette plage de fréquences, nous portent à recommander que soient effectuées d'autres recherches sur ces sujets.

Puisqu'il prendra un certain temps avant que ces recherches produisent les réponses nécessaires, il serait souhaitable entretemps d'avoir recours au blindage de la source de rayonnement pour minimiser l'intensité du champ émis.

Efficacité du blindage

Un certain nombre d'études démontrent très clairement l'efficacité du blindage, qu'il ait été installé spécifiquement dans ce but ou non.

Consulter par exemple la référence 4 (Annexe 7), la référence 14 et la référence 1, page 12 (Annexe 10).

Normes actuelles et valeurs limites d'exposition

Les seules normes présentement applicables à la bande VLF (3,000 à 30,000 hertz) sont les valeurs-seuils recommandées par l'ACGIH[16] et les normes de la U.S. Air Force[18].

D'autres normes applicables aux bandes supérieures à 30,000 hertz sont en vigueur en Tchécoslovaquie, en U.R.S.S. ainsi qu'aux Etats-Unis (American National Standards Institute). En Ontario, des lignes directrices identifiées "aux fins de discussion seulement" ont été publiées.

La référence 15 résume les limites d'exposition permissible maximales; voir l'Annexe 11.

L'Annexe 12 compare certaines de ces normes aux champs mesurés à proximité de terminaux.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

LISTE DES REFERENCES

(1) An evaluation of radiation emissions from video display terminals. U.S. Department of Health and Human Services, Bureau of Radiological Health, FDA 81-8153 (février 1981)

(2) Cox, E.A. Radiation emission from visual display units : exposé présenté à la conférence Health Hazards of VDU's. Loughborough, Royaume-Uni : University of Technology, 11 décembre 1980

(3) Stuchly, M.A.; Repacholi, M.H.; Lecuyer, D.W.; Mann, R.D. Radiofrequency emissions from video display terminals. Version non publiée soumise à la Section de radioprotection, mai 1982

(4) Harvey, S.M. Characteristics of low frequency electrostatic and electromagnetic fields produced by video display terminals. (Ontario Hydro Research Division, rapport no. 82-528-K). Pickering, Ontario : Ontario Hydro, 1982

(5) Cox, E.A. (in référence 2) Measurements on visual display units. Royaume-Uni : Electrical Research Association (ERA) Technology Limited, (décembre 1980)

(6) Weiss, M.M.; Petersen, R.C. Electromagnetic radiation emitted from video computer terminals. American Industrial Hygiene Association Journal, Vol. 40, no. 4 (1979). p. 300-309

(7) Assenheim, H.M.; Hill, D.A.; Preston, E.; Cairnie, A.B. The biological effects of radio-frequency and microwave radiation. Ottawa, Ontario : Conseil national de recherches du Canada, 1979

(8) Pafkova, H. Following the embryotropic effects of electrostatic field (en tchèque). Pracovni Lekarstvi, Vol. 32, no. 10 (1980). p. 334-338

(9) Mild, K.H.; Lovdahl, L.; Lovstrand, K.G.; Lovtrup, S. Effect of high-voltage pulses on the viability of human leucocytes in vitro. Bioelectromagnetics, Vol. 3 (1982). p. 213-218

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

(10) Stverak, I.; Marha, K.; Pafkova, H. Some effects of various pulsed fields on animals with audiogenic epilepsy : biological effects and health of microwave radiation. Publié dans les actes d'un symposium international. Varsovie, 15-18 octobre 1973. p. 141-144

(11) Luben, R.A.; Cain, C.D.; Chen, M.C.; Rosen, D.M.; Adey, W.R. Effects of electromagnetic stimuli on bone and bone cells in vitro : inhibition of responses to parathyroid hormone by low-energy low-frequency fields. Publié dans Proceedings of the National Academy of Science, Vol. 79 (1982). p. 4180-4184

(12) NIOSH planning reproductive study of VDT workers. Microwave News, Vol. 2, no. 9 (1982). p. 1

(13) Johanson, G.; Aronsson, G. Stress reactions in computerized administrative work. Publications du Département de psychologie de l'Université de Stockholm (novembre 1980)

(14) Potential health hazards of video display terminals. Cincinnati, Ohio : NIOSH, 1981. p. 29

(15) Marha, K. The state of knowledge concerning radiations from video display terminals. (Présenté lors de Science Focus, Ottawa, Ontario, le 6 octobre 1982). Hamilton, Ont. : CCHST, 1982

(16) TLVs threshold limit values for chemical substances and physical agents in the workroom environment with intended changes for 1982. Cincinnati (Ohio) : American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 1982

(17) Marha, K.; Musil, J. The cell as an electric circuit : theoretical study and experimental section. Biofizika, Vol. 22, no. 5 (1977). p. 816-823

(18) Mitchell, J.C. Review of radiofrequency radiation exposure standards. Aeromedical Review, no. 3 (1981). p. 7-19

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1: Forme d'onde du signal modulé par impulsions

Annexe 2: Données de rayonnement non ionisant de certains modèles de terminaux à écran de visualisation

Annexe 3: Résumé des mesures de rayonnement effectuées sur les terminaux à écran de visualisation

Annexe 4: Emplacement du champ électrique d'intensité maximale

Annexe 5: Harvey, S.M., Caractéristiques des champs électrostatiques et électromagnétiques basses fréquences produits par les terminaux à écran de visualisation

Annexe 6: Résumé des mesures de rayonnement sur les terminaux à écran de visualisation, Electrical Research Association Technology Limited

Annexe 7: Intensités de champ à proximité d'un terminal à écran de visualisation

Annexe 8: Lieu du champ pulsé constant

Annexe 9: Pafkova, H., Etude de l'effet embryotropique du champ électrostatique, Pracovni Lekarstvi

Annexe 10: Efficacité du blindage

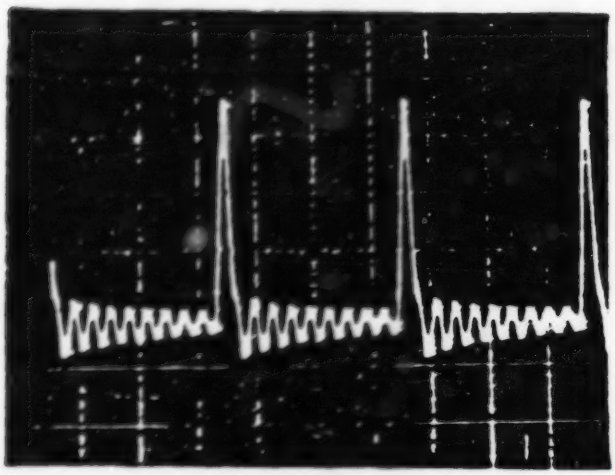
Annexe 11: Quelques normes relatives aux très basses fréquences

Annexe 12: Comparaison entre les mesures de rayonnement électromagnétique et quelques normes nationales

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

Annexe 1

FORME D'ONDE DU SIGNAL DE MODULATION PULSE



Forme d'onde d'un champ pulsé à 15.9 kHz
Echelle horizontale: μ20 s/div.
T = 62.9 μs; durée des impulsions = 9 μs

Source: Harvey, S.M.; Figure B6; voir référence (4).

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

Annexe 2

DONNEES DE RAYONNEMENT NON IONISANT DE CERTAINS MODELES DE TERMINAUX A ECRAN DE VISUALISATION

RAPPORT D'ESSAI VDD - RAYONNEMENT NON IONISANT 9 JUILLET 1980

MFR[1]	MODELE DIE A L'ESSAI	DATE D'ESSAI	BAY OPT[2] DETECTEUR NUDE W A 10-6	BAY OPT[2] FILTRE RADIOM W A 10-6	BAY OPT[2] UV-300 FILTRE UV-300 W A 10-6	VDD[1] VOLTS	ULTRASONS[4] DO. FREQ (0 = 30 pc)	ULTRASONS[5] DO. FREQ SUPP DU TERMINAL)	CHAMP MAGNETIQUE BF[3] A/M (0 = 2 pc)	CHAMP ELECTRIQUE BF[3] V/M (0 = 2 pc	CHAMP ELECTRIQUE BF[3] V/M (0 = 12 pc)
ADDS	TV-5	800324	30	10	.030	15.75	30016 42031.5	91016 63031.5			120
AUVI	900949	800215	0.92	0.45	0	15.0	0 34031.5	0 34031.5			
AUVI	951-01	800331	0.93	0.43	0.00	15	33016 40031.5	89016 69031.5			200
AUVI	940-04(2)	800521	1.3	0.57	0.0	15.2	61016 46031.5	87016 68031.5		89	4
BOBC	MC3788	800220	0.9	0.4	0.0	15.0	49016 33031.5	81016 50031.5			
BUNK	549272	790911	20.0	9.4	0	30	56020 44025	73020 49025			
CNUC	QDM-9M	800606	5.2	2.5	0.000	15.75	53016 46031.5	72016 56031.5		35	4.3
CNUC	QDM-12K	800606	5.8	3.0	0.000	15.75	45016 44031.5	76016 68031.5		55	6.0
CYNE	VBS-3	800116					0 0	0 0			
CSCI	5211/219	800604	9.0	4.0	0.009	15.75	61016 54031.5	90016 73031.5		280	45
CDCA	CC-115A	790930	5.6	2.6	0	35	51016 44031.5	77016 59031.5			
CDMI	6277	791011	1.5	0.6	0	23	(30020 42025	61020 78025			
ELBT	DM10-09AD	790628	6.5	3.2	.000	17	48016 38031.5	76016 52031.5			
ELBT	DM30-12AD	790926	5.4	2.4	.002	16	0 0	0 0			
FOUR	7101	790719	1.7	.08	0	16	53016 0	73016 0			
FOUR	7101	800122	1.8	0.8	0	15	0 0	0 0			
FOUR	8115/7111	800618	2.4	1.0	0.0	15.75	58016 42031.5	66916 36031.5			100
HITA	CC-10	800320	5.6	2.8	0.001	15	41016 36031.5	54016 61031.5			
IBMC	3270-2	800409	0.55	0.25	0.00	15	28010 30031.5	32916 48031.5			
IKES	PM-950	800201	5.8	2.9	0.003	15	43016 42931.5	69916 70031.5		180	10
LEAI	VDU 4	790821	.61	.28	0	22	0 0	0 0			
MICC	D3910 2/	800606	3.0	1.4	0.004	15.75	56016 53031.5	85916 68031.5		80	6.5
MSMD	2491	800110	0.5	0.25	0	15	0 0	0 0			
NEXI	PVM-95A	800603	2.9	1.4	0.000	15.75	58016 53931.5	79016 67031.5		120	4
ONTE	OP-120A	800628	9.5	4.6	0.0	19.2	46020 48040	62020 60040		140	10.0
ONTE	OP-1	800509	0.53	0.25	0.00	30	51020 43040	66020 63040	0.69	64	2.4
RECA	VT81-4622	790919	.96	.43	0	30	3006.3 43031.5	4106.3 72031.5			
TECP	2377 MARKII	800628	4.8	2.4	0.00	30	51020 53040	68020 69040			270
TECP	2377	800625	6.6	3.3	0.005	30	65020 68040	97020 79025	0.65	38	2.4
VYDE	1400	790807	9.6	4.5	0	3	3000 43040	4300 59040			
WANG	1349	791130	9.6	4.65	0	16	0 0	0 0			
WEST	19V1801.11	790702	5.0	2.5	0.004	16	0 0	0 0			
ZENC	Z13PP-1	791029	7.6	3.8	0.015	30	0 0	0 0			
ZENC	Z13-MF-1	800603	10.0	5.0	0.000	15.75	63016 47031.5	80916 79031.5		)300	

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

1. Se reporter à l'annexe A qui donne le nom de fabricant correspondant à chaque code.

2. Rayonnement optique mesuré au moyen d'un détecteur dénudé (sans filtre). Cette valeur est mesurée en microwatts.

3. Mesure du rayonnement optique avec filtre radiométrique. Cette valeur est donnée en microwatts.

4. Rayonnement optique mesuré avec filtre ultraviolet. Cette valeur est donnée en microwatts.

5. Fréquence de balayage horizontal en kilohertz.

6. Amplitude sonore mesurée en décibels à une distance de 20 pouces de la surface du terminal. Les nombres supérieurs représentent l'amplitude maximale mesurée dans les plages de fréquence centrées sur 20 kilohertz ou moins et la fréquence à laquelle ce niveau a été mesuré. Les nombres inférieurs représentent l'amplitude maximale mesurée dans les plages de fréquences centrées sur 25 kilohertz ou plus.

7. Amplitude sonore mesurée en décibels à la surface du terminal.

8. Champ magnétique (H) du rayonnement RF mesuré en A/m à 2 pouces de la surface du terminal.

9. Champ électrique (E) du rayonnement RF mesuré en V/m à 2 pouces de la surface du terminal.

10. Champ électrique (E) du rayonnement RF mesuré en V/m à 12 pouces de la surface du terminal.

Source: Annexe D de "An Evaluation of radiation emissions from VDTs", p. 34-35; voir référence (1).

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

Annexe 3

RESUME DES MESURES DE RAYONNEMENT EFFECTUEES SUR DES TERMINAUX A ECRAN DE VISUALISATION

Région du spectre électromagnétique	Grandeur mesurée — mesurée	Appareil de mesure	MPEs, MELs VLVB etc	Notes	Commentaires
Rayons X λ<100 pm	Débit d'équivalent de dose <0.5 μSv hr^{-1}	Victoreen 440 RF/C	0.5 mrem hr^{-1}	BS 415 : 1979	Energie des photons : 10 keV
Ultraviolet 240-336 nm 336-440 nm	Irradiance 0 124 W m^{-2}	Radiomètre spectroradiométrique à balayage (Bentham du RSRE	— 10 $W m^{-2}$	ACGIH	Approuvé par la Cour (correspondance personnelle)
Visible 400-700 nm	Irradiance 2.5 $W m^{-2}$ Radiance calculée 0.8 $W m^{-2} sr^{-1}$	Radiomètre du R.U. type 55, ou Optométre UDT 6xx (avec dispositifs d'adaptation)	$21 C_3$ $W m^{-2} sr^{-1}$	IEC/TC76 Projet BS 4803 Projet	Exposition maximale admissible au rayonnement issue par réflexion diffuse C_3=1 for λ=400-500 nm log C_3=0.015 (λ-550) for λ=550-700 nm
Infrarouge (proche) 700-1050 nm	Irradiance 50 W m^{-2}		100 $W m^{-2}$	ACGIH	Valeur-seuil proposée
Infrarouge (lointain) 10 μm-3 mm	4 $W m^{-2}$	Détecteur pyroélectrique Pireos/	—		L'irradiance mesurée équivaut au rayonnement thermique d'un corps à 34 °C. Autre rayonnement non thermique mesurable.
Micro-ondes et radiofréquences 10 GHz-300 MHz	5 $W m^{-2}$	Narda 8300	100 $W m^{-2}$	ACGIH	Voir le tableau 2 pour les mesures détaillées dans cette région.
3 GHz- 10 MHz	<1000 $W m^{-2}$	Rohde 12	10 $W m^{-2}$	79-BBD-30	Mesure douteuse. Non confirmée par l'étude BRA (tableau 3)
230 MHz- 10 kHz	Intensité du champ électrique >300 $V m^{-1}$	IFI EF61	60 $V m^{-1}$ 1500 $V m^{-1}$ 3000 $V m^{-1}$	79-BBD-30 Norme étrangère, projet Norme étrangère, projet	230 MHz-10 MHz 30 MHz- 3 MHz 3 MHz-10 kHz

Source: Cox, E.A.; Tableau 1; voir référence (2).

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

Annexe 4

EMPLACEMENT DU CHAMP ELECTRIQUE D'INTENSITE MAXIMALE DE DIVERS MODELES DE TERMINAUX A ECRAN DE VISUALISATION

Intensité de champ	Nombre de modèles	Nombre de modèles dont l'intensité de champ maximale a été mesurée			
		Devant l'écran	Au sommet	Sur les côtés	A l'arrière
Moins de 5 V/m	10	5*	0	0	0
5-60 V/m	22	19	1	2	0
60-200 V/m	10	7	0	2	1
Plus de 200 V/m	15	3	5	5	2

* L'intensité de champ était inférieure à la sensibilité de l'appareil dans le cas de cinq modèles.

Source: Stuchly, M.A.; Tableau 2; voir référence (3).

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

Annexe 5

RESUME DES MESURES DE CHAMP ELECTRIQUE SUR UNE SURFACE CONDUCTRICE RAMENEE A LA MASSE, A 30 cm DES ECRANS TRC - VOLTS PAR METRE (V/m)

	Terminal			
	1	2	3	4
Champs c.c., environ une demi-heure après la mise sous tension	6000	7000	7000	6000
Amplitude de modulation maximale efficace (intensité lumineuse normale)	60	65	25	30
Amplitude de crête d'une impulsion de 16 kHz	55	170	23	19
Amplitude efficace approximative	10	30	5	3
Autres champs, amplitudes efficaces	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1

Note: Les unités du tableau dans l'article de Harvey étaient les V/cm, tandis que nous avons exprimé les mesures en V/m.)

Source: Harvey, S.M.; Tableau 1; voir référence (4).

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

Annexe 6

RESUME DES MESURES DE RAYONNEMENT EFFECTUEES SUR LES TERMINAUX A ECRAN DE VISUALISATION, ELECTRICAL RESEARCH ASSOCIATION TECHNOLOGY LIMITED (MICRO-ONDES ET RADIOFREQUENCES)

Electromagnetic Spectrum Region	Maximum Measured Emission	Measuring Instrument	MPEs, MELs TLVs etc	Standard	Remarks
Microwave and Radiofrequency	Electric Field Intensity (V m^{-1})		(V m^{-1})		
300 GHz- 30 GHz	Not measured		200	ACGIH	Endorsed by NRC 70/1314 (200 V m^{-1} = 100 W m^{-2} in free space)
30 GHz- 1 GHz	Not measured				
1 GHz-300 MHz	<0.01	Schwartzbeck VUME 1520A	200	Draft Foreign	To be published for comment
300 Mhz- 30 MHz	0.18				
30 Mhz- 10 Mhz	0.12	Schwartzbeck FSME 1515	60	79-EHD-30	Canadian standard for general public
10 MHz- 3 MHz	0.5		1500	Draft Foreign	
3 Mhz-300 kHz	16				
300 kHz-150 kHz	600				
150 kHz- 10 kHz	1800	Stoddart NM12AT	3000	Draft Foreign	

Source: Cox, E.A.; Tableau 2; voir référence (2).

CCOHS/CCHST
200 Main Street E./200 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

Annexe 7

INTENSITES DE CHAMP A PROXIMITE D'UN TERMINAL A ECRAN DE VISUALISATION

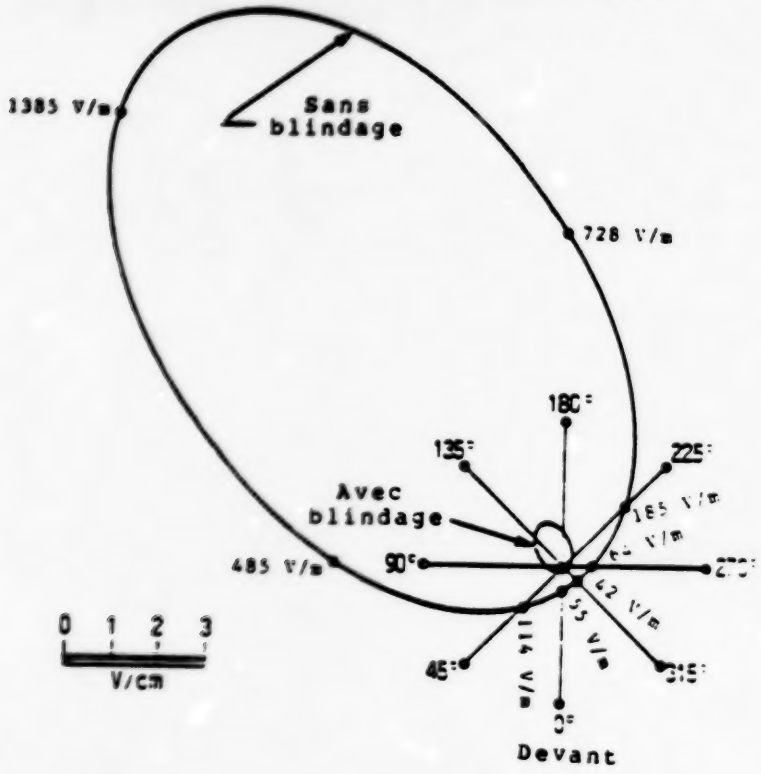


Diagramme polaire des intensités de crête de champ pulsé dans le plan horizontal

Source: Harvey, S.M.; Figure B7; voir référence (4).

Notes rédigées par Karel Marha en rapport avec la figure B7 de l'annexe du rapport no. 82-528-K "Characteristics of low frequency electrostatic and electromagnetic fields produced by video display terminals", publié par l'Ontario Hydro Research Division.

1. Les intensités de champ électrique dans la bande RF s'expriment normalement en V/m plutôt qu'en V/cm.

2. 1 V/cm = 100 V/m.

3. 7mm = 1 V/cm (100V/m) selon l'échelle de ce dessin.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

4. Les points indiqués sur le contour de l'ellipse correspondent aux intensités de champ mesurées à une distance constante de l'axe vertical de l'appareil à l'essai. Le point dans la direction 0° est à 30 cm de l'écran, ce qui signifie à environ 45-50 cm de l'axe vertical de l'appareil (évaluation personnelle).

5. La position de chaque point sur l'ellipse donne:

   a. Le point de mesure - sur le dessin, le terminal est situé au centre de la croix directionnelle; par exemple, 0° (avant) désigne la position de l'opérateur, 90° désigne la gauche de l'unité, 180° désigne l'arrière du terminal, et ainsi de suite.

   b. L'intensié de champ - nous pouvons évaluer l'intensité de champ E en volts par mètre à partir de la distance n (en millimètres) entre le point et le centre de la croix au moyen de l'équation:

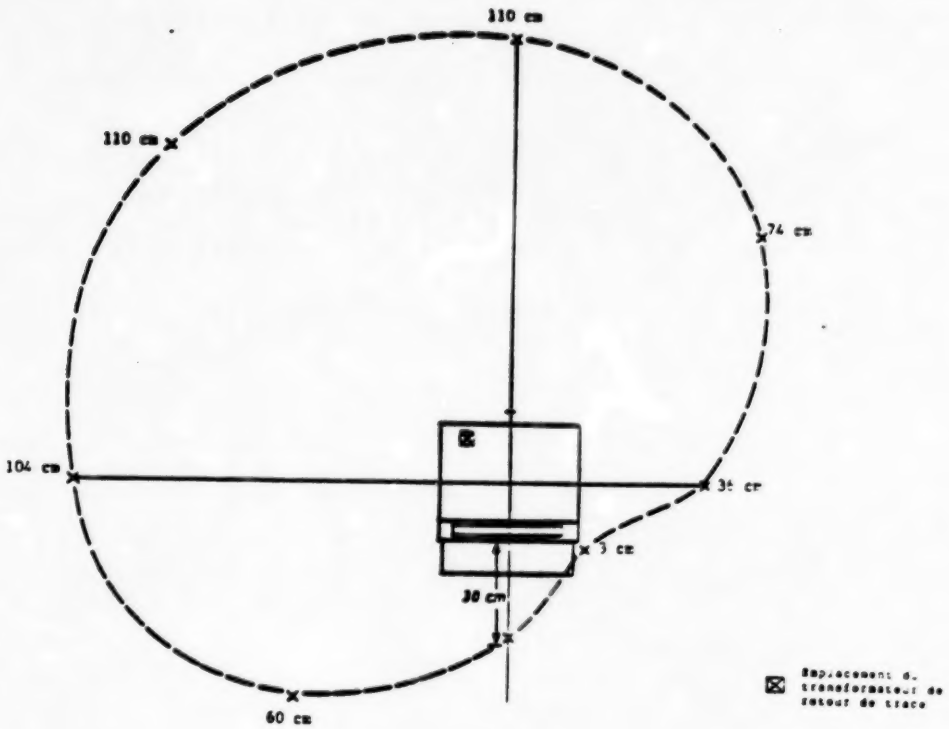
$$E = \frac{100\ n}{7} \qquad (V/m;\ mm)$$

6. J'ai écrit à côté de chaque point l'intensité de champ calculée, évaluée d'après la méthode ci-dessus (les calculs ont été effectués sur une autre feuille).

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

Annexe 8

LIEU DU CHAMP PULSE CONSTANT



Lieu du champ pulsé constant
(0.55 V/cm crête à crête)

Source: Harvey, S.M.; Figure B8; voir référence (4).

La distance jusqu'à la plus proche surface du terminal à l'essai a été calculée au moyen de l'équation

$$= \frac{30\ n}{25}$$

où est la plus courte distance (en mm) entre un point X sur la ligne pointillée et la surface du terminal.

Ce calcul a été effectué pour chaque point de la figure B8 et les résultats ont été portés sur le dessin. (Calculs et annotations par Karel Marha).

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

Annexe 9

ETUDE DE L'EFFET EMBRYOTROPIQUE DU CHAMP ELECTROSTATIQUE

L'effet embryotropique d'un champ électrostatique pulsé (amplitude: 1000 V; gradient de champ: 285 V/cm; bande d'impulsions 10 s; fréquence de récurrence: 300 Hz) appliqué de façon permanente du 1er au 17e jour de la grossesse a été étudié au point de vue des effets biologiques plus importants des champs pulsés sur les souris de laboratoire. Le déroulement de la grossesse, le nombre de foetus morts-nés, l'état du placenta et des membranes foetales, ainsi que l'état, la taille et le poids des foetus à maturité et l'état de leurs organes internes ont été évalués. Les changements importants découverts dans le groupe de sujets exposés au rayonnement révèlent un effet nocif du champ électrostatique pulsé sur le développement de l'embryon, particulièrement aux premiers stades de la vie.

Source: Pafkova, H; p. 334-338; voir référence (8).

Commentaires de Karel Marha: L'intensité de champ moyenne était 85 V/m. Le groupe expérimental comptait 23 femelles, tandis que le groupe témoin en comptait 21.

La fertilité avant l'expérience était identique dans les deux groupes. Résultats dans le groupe expérimental par rapport au groupe témoin:

résorption préimplantation:	supérieure de 240% (P = 0.01)
résorption postimplantation:	supérieure de 160% (P = 0.05)
résorption tardive:	supérieure de 470% (P = 0.01)
nombre de foetus morts-nés:	supérieur de 525% (P = 0.01)

Le nombre de naissances vivantes dans le groupe témoin était de 272 et de 230 dans le groupe expérimental. Parmi les naissances vivantes on comptait un nombre supérieur mais sans signification statistique d'hématomes sur la surface du corps et un cas de déformation des extrémités (sans signification statistique).

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

Toutefois, les cas de nanisme parmi les nouveaux-nés étaient plus nombreux (d'environ 310%, P = 0.05) et le nombre de naissances avec paupières non fermées étaient supérieur d'environ 310%.

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

Annexe 10

EFFICACITE DU BLINDAGE
Intensité de champ

Emplacement	Distance cm	Champ E ADA 10/A V/m	Champ E EFS-1 V/m	Champ H A/m
Centre avant du TRC (direction radiale)	5	28	64	0.69
	30	0.3	2.4	0.008
Au-dessus du transformateur haute tension* (sans le blindage)	5	88	>1000**	0.06
	19		300	0.06
Au-dessus du transformateur haute tension (avec le blindage)	5	0	0	0.06

Modèle Ontel OP-1/32k/50 S/N 14689

* Le blindage a été retiré afin de déterminer l'efficacité de blindage du couvercle à revêtement métallique de cet appareil et afin de simuler les conditions d'exploitation en haute densité. Cela a permis de vérifier de plus que les détecteurs de champ E ne réagissent pas aux champs magnétiques à cet endroit.

** Voir le paragraphe 4.3.2

Source: An evaluation of radiation emissions from VDTs, BRH; Tableau 2; voir référence (1).

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

Annexe 11

QUELQUES NORMES RELATIVES AUX PLAGES DES TRES BASSES FREQUENCES OU DES BASSES FREQUENCES

US Air Force	10kHz	- 10MHz	435V/m
ACGIH	10kHz	- 3MHz	600V/m**
Tchécoslovaquie	30kHz	- 30MHz	50V/m*
U.R.S.S.	60kHz	- 3MHz	50V/m*
Bulgarie	60kHz	- 3MHz	50V/m*
République Démocratique Allemande	60kHz	- 3MHz	50V/m*
Canada (Ontario)	300kHz	- 300GHz	60V/m***
ANSI	300kHz	- 3MHz	600V/m**

* Normes relatives au lieu de travail. Les valeurs des normes grand public sont souvent plus sévères (par exemple en Tchécoslovaquie la norme est de 15 V/m pour 8 heures).

** A 5 cm de tout point sur la surface de l'appareil.

*** Lignes directrices "aux fins de discussion seulement".

ANSI American Standards Institute (Norme nationale américaine (American National Standards) approuvée le 30 juillet 1982).

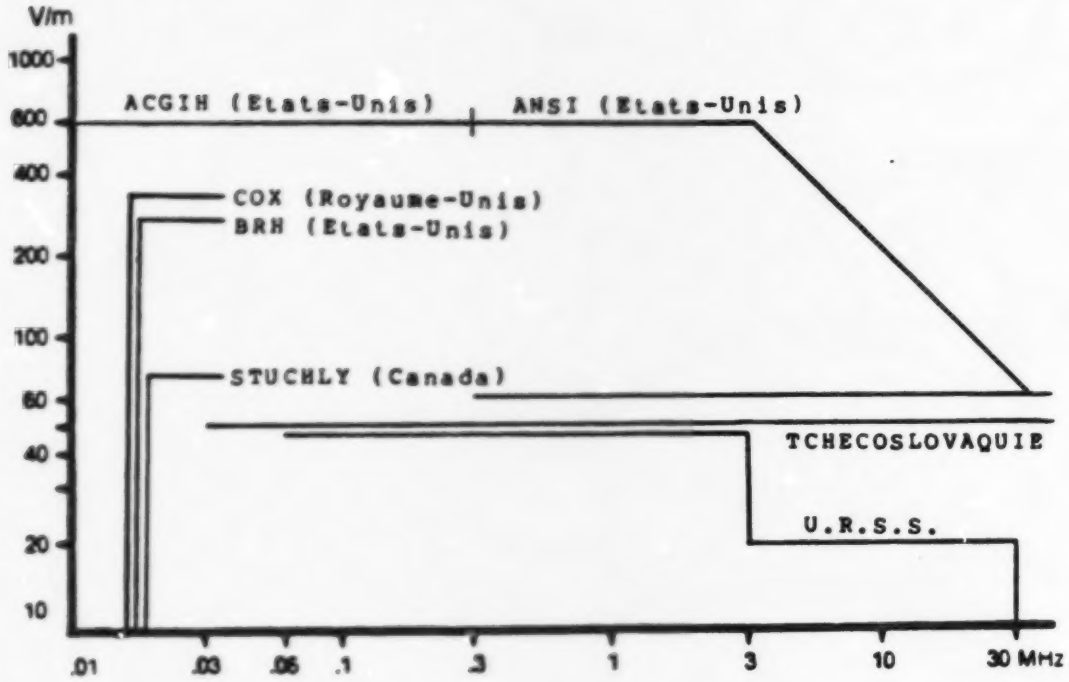
ACGIH American Conference of Governmental Industrial Hygienists.

Source: Marha, K.; Tableau 1; voir référence (18).

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

Annexe 12

COMPARAISON ENTRE LES MESURES DE RAYONNEMENT ELECTROMAGNETIQUE ET QUELQUES NORMES NATIONALES



Source: Marha, K.; voir référence (18).

CCOHS/CCHST
250 Main Street E./250 rue Main est.
Hamilton, Ontario, Canada L8N 1H6

POOR

QUALITY

ORIGINAL